

昼光照明設計のための住宅外部環境のモデル化

岩田三千子・土井 正・中根芳一

Composition of Outdoor Environment Model for Daylighting Design

MICHIKO IWATA, TADASHI DOI and YOSHIKAZU NAKANE

はじめに

住宅の外部には、天空を初めとする様々な環境要素が複雑に存在し、存在の仕方は個々に異り、かつ継続的にも変化する。例えば、分譲地などにおける住宅の外部環境は、設計時以後、次々と周辺に建築物が建ち並んだり、樹木が成育するなど様々に変容する。また、プレハブ住宅など比較的画一化された建物は、それがどのような場所に建設されるかわからないので、いずれも設計時に将来の外部環境状態を予測することは困難である。

住宅室内の昼光環境は、このような外部環境に大きく左右され、室内に入射する直射光、天空光、地物反射光の量が決定される。しかしながら現在では、外部環境についての資料は皆無で、設計時に、やかてその住宅をとり囲むであろう外部環境を予測することは困難である。故に、室内の昼光環境を推定することも不可能に近い。

そこで本研究では、室内の昼光環境予測を容易にし、良好な昼光環境の創造を可能にするために、住宅外部環境の実測調査を行い、日本の都市住宅の現状を考えた、標準的条件としての外部環境モデル図を呈示する。さらに、同モデル図をもとに、方位別に住宅室内の昼光率分布の推定値を求め、実測写真より求めた住宅室内の昼光率分布の算定値と比較することによって、本研究のモデル化手法の妥当性を検討する。尚、住宅の外部環境は、気象条件を始めとする自然的条件や、生活習慣等の人文・社会的条件の違いによる地域差が予想される。本研究に於ては基礎的段階であるので、大阪府を対象地域としてとりあげ測定を行ったが、本研究で用いた外部環境のモデル化手法の妥当性が認められれば、今後、本研究と同様の手法で他地域での測定をくり返し、外部環境の地域的特性の把握も可能であると考えられる。

測定方法

大阪府のメッシュデータ地図をもとに、乱数表を用い

て、第一種住居専用地域、第二種住居専用地域、住居地域の3用途地域から、各5地区、計15地区を測定対象として選定した。図-1に測定地区分布を示す。

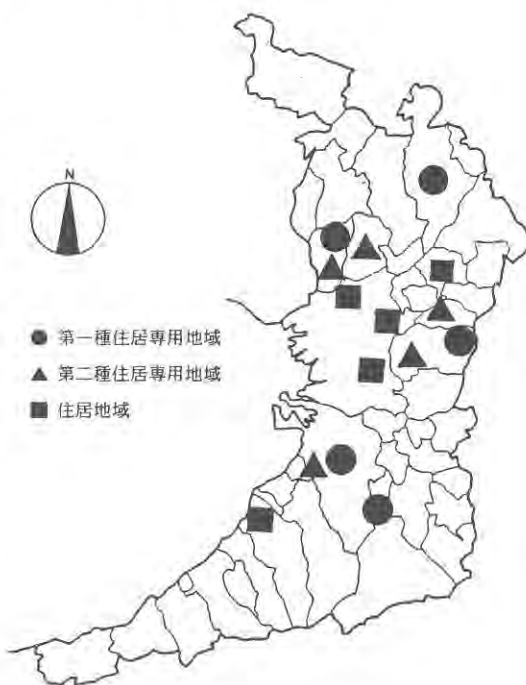
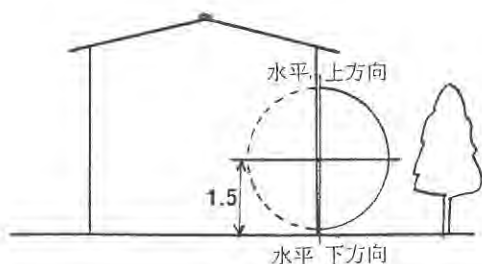


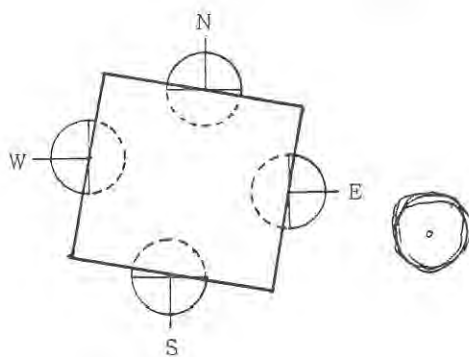
図1 測定地区分布

測定は、各地区10住戸を目標に、等距離射影方式の魚眼レンズを用いて、建物の東・西・南・北の四方向の外壁面で、地上1.5mの高さから、カメラを水平上方向及び水平下方向に向けて、1住戸8枚の外部環境の写真撮影を行った。（図-2）

次に、各住戸の東軸、西軸、南軸、北軸を主軸とした水平上方向の4枚の写真から、主軸を中心に、自家の建物を含まない90度分ずつの扇形をとり出し、この4枚の



立面図



平面図

図2 撮影方法

扇形を合わせて1住戸の上方向外部環境モデルとした。同様に、下方向についても、各住戸の下方向外部環境モデルを作成して、1住戸の下方向外部環境モデルとした。(図-3参照)

尚、測定は、1983年の夏季(8月初旬より9月中旬まで)に行った。ゆえに、いずれの地域も、樹木・芝生の成育がよく、写真上に占めるこれらの割合が、一年を通じて最も大きい時期であると考えられる。すなわち、樹木によって天空が遮られ、室内昼光率の低下を招く危険性が最も高い時期とも言え、この結果に基づいて検討すれば、昼光照度に関しては安全側の値をとったと考えら

れる。

測定結果及び考察

1. 外部環境モデル図

本研究では、住宅の外部環境を光環境としてとらえ、光環境を構成する地物を大野ら¹⁾の測定結果に基づいて‘建築物’(自家の塀・庇を含む)‘樹木’‘土・芝生’‘アスファルト等水平面’(コンクリート・レンガ・タイル・石等を含む)に分類する。

大野らは、昼光照明設計上、屋外地物面をほぼ均等拡散面とみなし、一つの反射率で代表して差支えない²⁾としており、屋外の地物を大まかに‘芝生・地面’‘アスファルト面’‘樹木’‘普通コンクリート壁面’‘窓面(ブラインド無)’の5つに分類して、設計用地物反射率を示した。

尚、対象とした用途地域では、住宅の外部に壁面の大部分にガラス窓を有する事務所ビルの様な建築物が存在する可能性が低い。そこで、大野らの分類による‘窓面(ブラインド無)’については無視した。

本研究では以上の‘建築物’‘樹木’‘土・芝生’‘アスファルト等水平面’に、最も重要な光環境である‘天空’を加え、以上5つを住宅の外部環境要素とする。

次に、各測定地区について、建ぺい率との関係を明らかにするために、縮尺2万5千分の1の住宅地図より、測定住戸及び隣接住戸の建築面積の敷地面積に対する割合の地区合計を、測定地区の建ぺい率として求める。測定戸数及び測定地区数の用途地域及び建ぺい率との関係を表-1に示す。

窓から室内に射入する昼光を捉えるために、まず図-3に示した各住戸の上方向及び下方向水平面の外部環境モデル写真に、図-4に示す、図中の1点が鉛直面での立体角投射率0.1%を表わす図を重ねて立体角投射率を求め、建ぺい率別及び用途地域別外部環境要素毎に整理する。図-5に建ぺい率別及び用途地域と外部環境要素の立体角投射率中央値との関係を方位別に示す。

表1 測定戸数及び測定地区数

()内は地区数

用途地域	建ぺい率	30%	40%	50%	60%	70%	80%	計
第一種住居専用地域		15(1)	47(4)					62(5)
第二種住宅専用地域				38(3)	24(2)			62(5)
住 居 地 域						40(3)	25(2)	65(5)
計				189(15)				

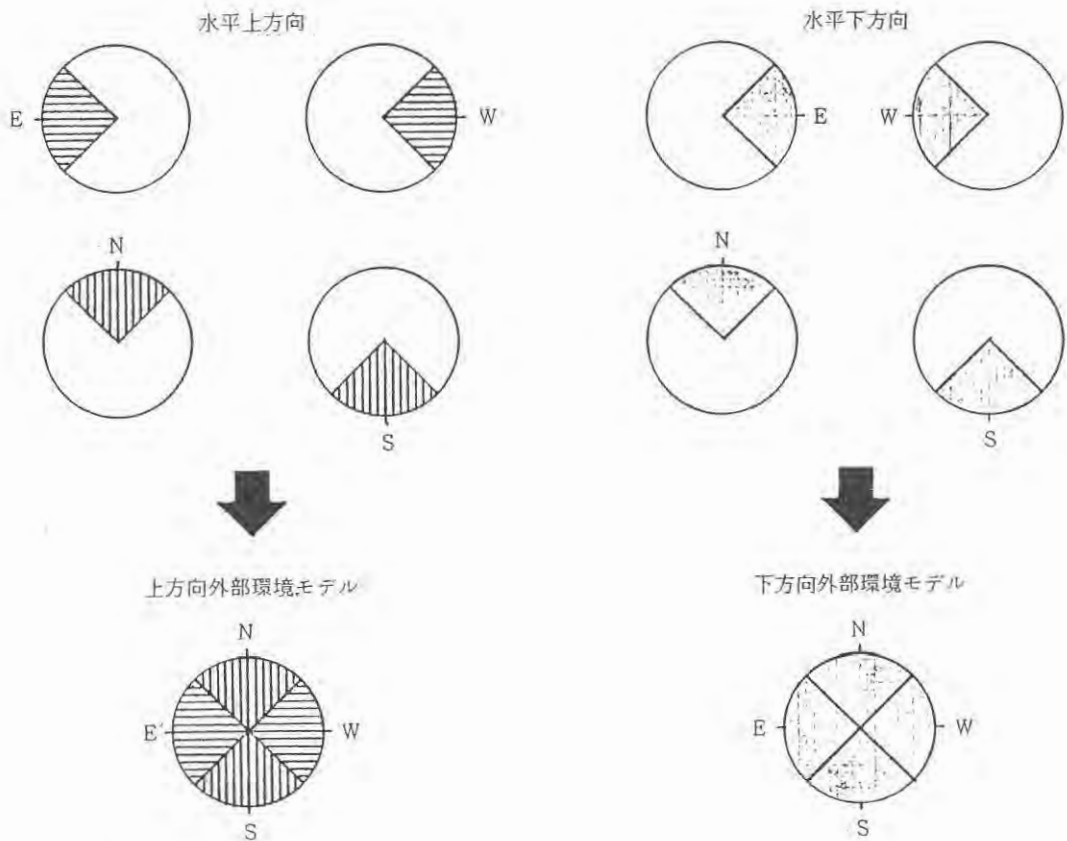


図3 1住戸の外部環境モデルの作成方法

各住戸の東軸、西軸、南軸、北軸を中心とした水平上方向の4枚の写真から、主軸を中心に、自家の建物を含まない90度分ずつの扇形をとり出し、この4枚の扇形を合わせて1住戸の上方向外的環境モデルを作成する。下方向についても同様に、下方向外部環境モデルを作成する。

用途地域毎の平均建ぺい率は、第一種住居専用地域38.0%，第二種住居専用地域50.4%，住居地域71.8%である。用途地域別外部環境要素の立体角投射率中央値は夫々の用途地域の平均建ぺい率と同じ建ぺい率の、建ぺい率別外部環境要素中央値と概ね近似していることがわかる。ゆえに、各用途地域は、平均建ぺい率で言い替えることができると考えられる。

外部環境を構成する5要素の立体角投射率中央値には建ぺい率及び用途地域による特徴が認められる。すなわち図-5より、'建築物' 'アスファルト等水平面'の立体角投射率は、建ぺい率が高くなると増加する傾向を示し、両者の間にかなりよい相関関係が認められ、'天空' '樹木' '土・芝生'の立体角投射率は、建ぺい率が低くなると減少し、負の相関が認められる。

方位別には、'建築物'の立体角投射率は概ね南で最

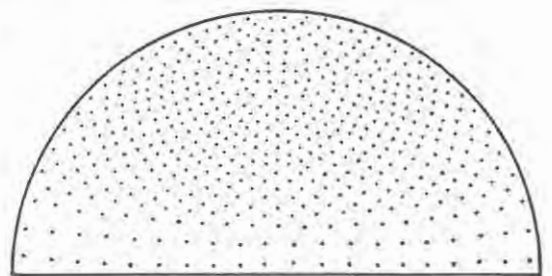


図4 等距離射影による水平面モデル面から鉛直面で、鉛直面での立体角投射率を算定する図

(1点は0.1%)

も小さくその他の方位で大きい。高建ぺい率地域では、低建ぺい率地域と異なり、北で'建築物'の立体角投射率が最も小さい。これは、測定対象住戸として、北側に前

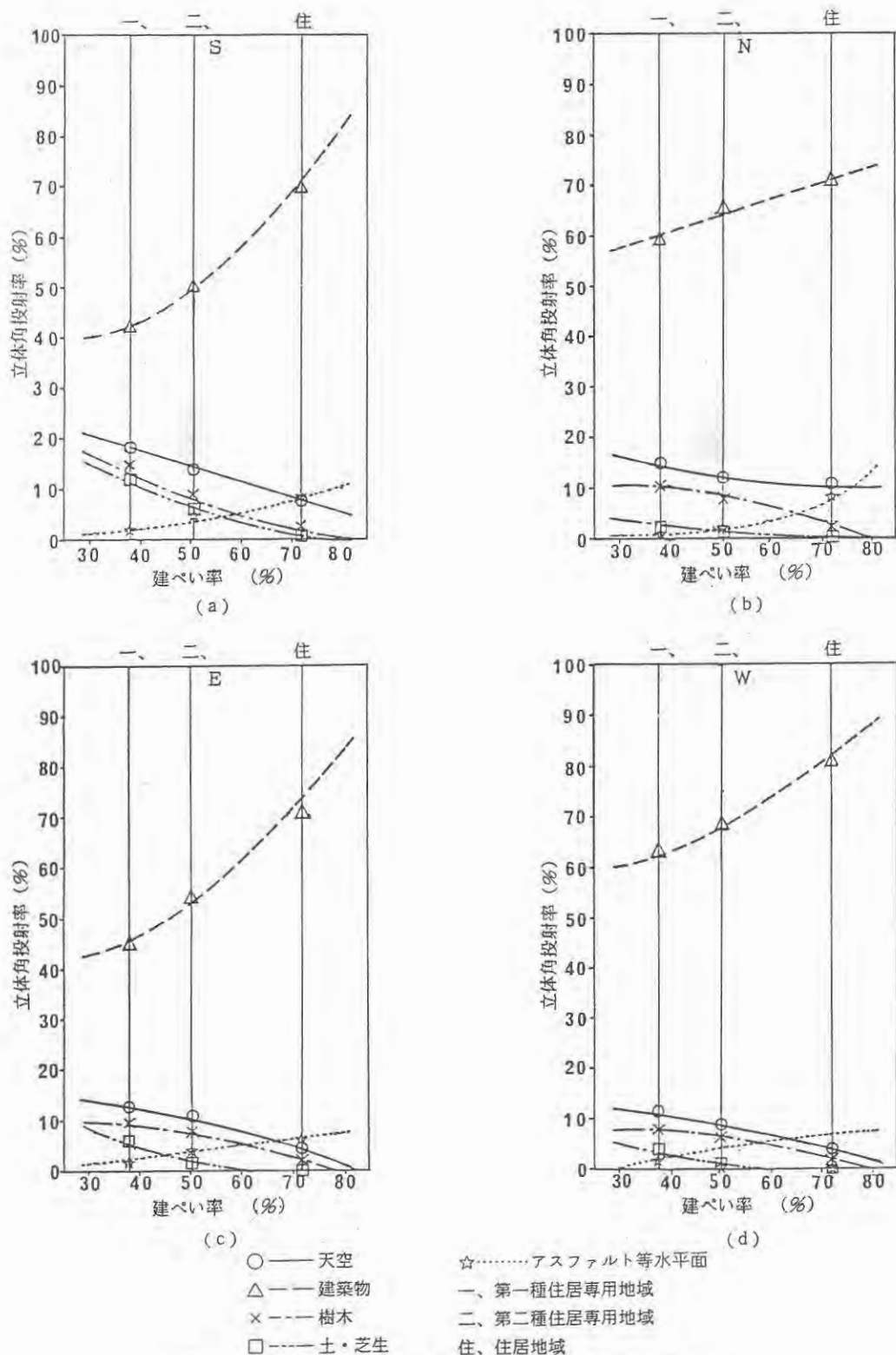


図5 外部環境要素の立体角投射率中央値と建ぺい率との関係

面道路をもつ住戸が多く抽出されたためと考えられ、高建べい率地域の、北側に前面道路をもつ住戸の東・西・南側は、ほとんど建ちふさがった状態になって、'建築物'の立体角投射率が増大したと考えられる。

次に、3用途地域間及び4方位間の、用途地域別外部環境要素の立体角投射率の平均値の差の検定を行った結果、有意水準5%で特に有意差が認められたのは、第一種住居専用地域の4方位間の'土・芝生'・'アスファルト等水平面'、及び3用途地域間の南の'建築物'、3用途地域間の北の'天空'・'土・芝生'・'アスファルト等水平面'であった。この結果は、建物を敷地の北側に寄せ、南側に'土・芝生'（庭と考えられる。）を確保するという敷地の利用傾向が強い、第一種住居専用地域の特徴が現われていると考えられる。さらに、小さな庭を、昼光環境上及びプライバシーを確保する上で最も有効な道路側にとる傾向が強い、第二種住居専用地域や、庭をほとんどとることができない住居地域の、夫々の敷地利用の特徴を裏付けている。

以上のように、用途地域別外部環境要素の立体角投射率は、概ね、3用途地域間の北及び南で有意差が認められたのに対し、第一種住居専用地域と第二種住居専用地域間の、東及び西の'天空'・'建築物'・'樹木'、及び第二種住居専用地域と住居地域間の東・西の'土・芝生'・'アスファルト等水平面'では、有意差が認められなかった。これは、南・北と異り、東・西では用途地域の違いに関係なく外部環境が似かよったものであることを意味していると考えられる。

次に、建べい率別外部環境要素の立体角投射率中央値をもとに、方位別に外部環境要素の立体角投射率の和を100%に補正したモデル値を図-6に示す。

実際の外部環境要素は窓前に複雑に存在するが、設計用資料としては簡略化されたものを必要とする。そこで等距離投影図法を用いて、図-6に示した外部環境要素の立体角投射率モデル値をもとに、水平方向に連続な鉛直面外部環境モデル図を作成する。

その作成方法は、まず図-6の各外部環境要素の立体角投射率モデル値をもとに、図-7より等距離投影図法における高度を読みとる。次に、外部環境要素を中心より上方向へ、'樹木'・'建築物'・'天空'・'建築物(庇)'（庇は、モデル図作成の際、実測住戸の典型的な庇の仰角を求め、各方位とも同一の庇として加えた。）の順に、中心より下方向へ、'建築物'・'土・芝生'・'アスファルト等水平面'の順に配置して、等高度ラインで囲む。尚、外部環境要素を高度方向に集中的に弧に囲まれた部分によって配置するために、各住戸の外部環境モデ

ル図を22.5度毎の高度を示す弧で分割し、その各分割区画内での外部環境要素の出現頻度をとって、最も出現頻度の高い位置にその環境要素が独占的に配置されるとして順位を決定した。

以上の方法によって作成された例として、図-8に建べい率30%地域の方位別外部環境モデル図を示す。建べい率40~80%地域についても同様の方法でモデル図を作成した。

2. 外部環境モデル図による昼光率の推定

従来、室内の昼光率分布は、外部環境が具体的に設定された場合算定可能で、時々刻々変動する将来の外部環境について昼光率を予測することはできなかった。すなわち、将来予測を前提とする真の設計作業を昼光照明に於て行うことは不可能であったといえる。

しかしながら、本研究において実測調査をもとに、外部環境のモデル図を作成することによって、外部環境の予測が可能になったと考えられる。また、その結果、モデル図をもとに昼光率の算定を行えば、室内の昼光率分布の予測も可能であると考えられる。そこで、次のような順序にしたがって昼光率の推定を行うものである。

1. で作成した建べい率別、方位別外部環境モデル図を用いて、各外部環境要素の立体角投射率を求め、天空による直接昼光率と地物による反射昼光率を算出して加算し、窓面全昼光率の推定値を求めた。建べい率に対する窓面全昼光率の関係を、図-9に示す。ただし、地物反射率は、大野らの測定結果をもとに、'建築物'0.4、'樹木'0.1、'土・芝生'0.1、'アスファルト等水平面'0.2を採用した。

窓面全昼光率の推定値は、南が最も大きく、次いで、北・東・西である。東・西の窓面全昼光率は近似した値を示しており、高建べい率地域程等しくなる。高建べい率地域では、東・西の全昼光率が、建べい率の増加にともなって下降する割合が、南・北と比較して大きい。これは、高建べい率地域では、東西軸道路に面した南北に細長い敷地をもつ住戸が多く、東・西は建てづまりになって全昼光率の下降が激しいのに対して、南・北は前面道路があり、天空率が高くなることに影響されて、全昼光率の下降率が低くなっていると考えられる。

また、低建べい率地域の北の全昼光率が、天空の立体角投射率のみの比較では北とあまり差のない、東・西の全昼光率より高い値を示しているのは、対向地物が南向きで、地物反射光による反射昼光率が高くなったためと考えられる。

次に、以上で検討された外部環境のモデル図によって、

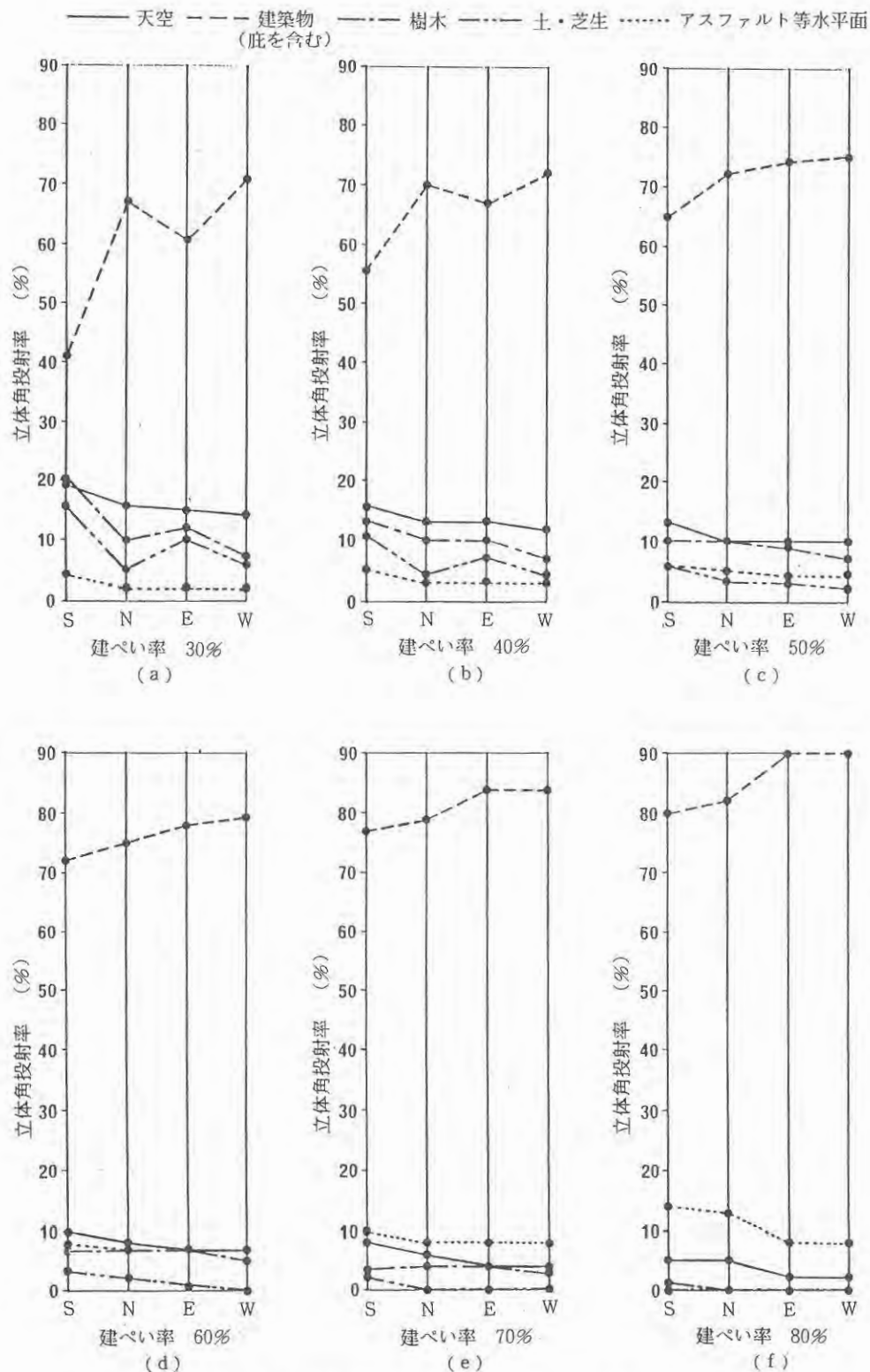


図6 外部環境要素の立体角投射率モデル値

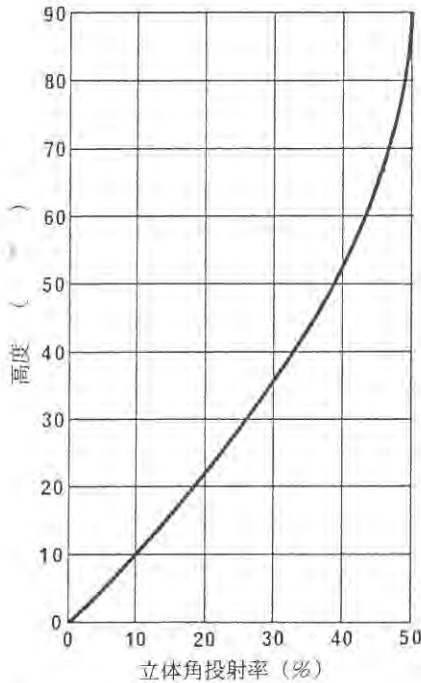


図7 立体角投射率と等距離投影図法における高度との関係

室内の昼光率分布がどのような影響を与えられるかを考察するため、図-10に示す片側採光室を検討対象として設定し、その窓中心線における鉛直面直接昼光率の推定値を求める。まず、図-8に示した建べい率別、方位別外部環境モデル図を用いて、室内から窓を通して見える外部環境の立体角投射率を求める。例えば窓際から1.0m室奥、2.0m室奥、3.0m室奥の窓中心線（床高1.0m）位置から窓を通して見える外部環境は、建べい率30%地域の南では図-11の如くなる。これより窓面全昼光率を求めた時と同様に、モデル図における各外部環境要素の立体角投射率に地物反射率を乗じて、天空による直接昼光率と、地物による反射昼光率を算出して加算し、室内での鉛直面直接昼光率の推定値を求めた。この結果を図-12に示す。

室内での鉛直面直接昼光率は、窓際から室奥1m付近までは、窓面全昼光率と同様に、南、北、東、西の順に高いが、室奥2m及び室奥3m付近ではむしろ、南の直接昼光率より、北の直接昼光率が高い。これは、北の対向地物が南向きであるため反射光強度が大きくなることと、南では窓を通して見える外部環境に、反射率の低い樹木の占める割合が大きくなるため、南の地物反射光による反射昼光率が低くなることの、相互の理由が考えら

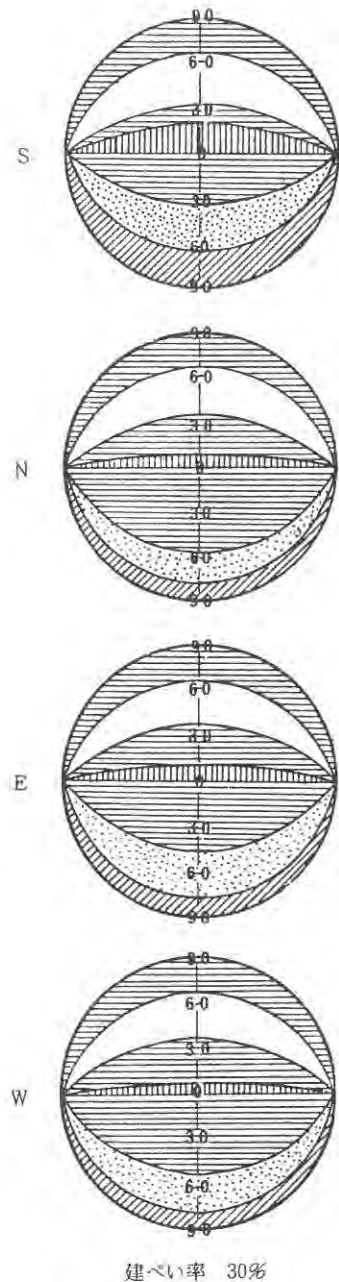


図8 各方位における外部環境モデル図

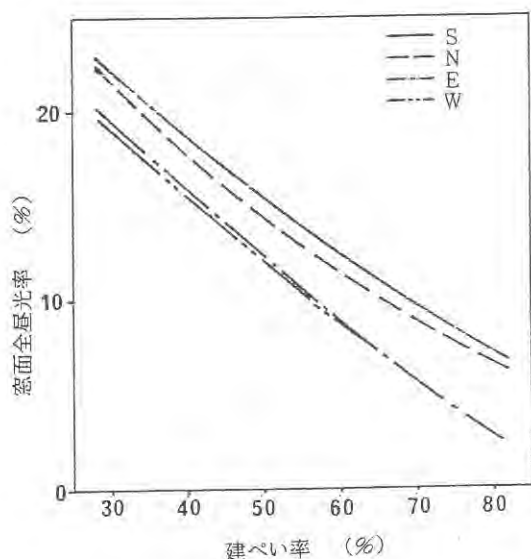


図9 建ぺい率と窓面全昼光率との関係

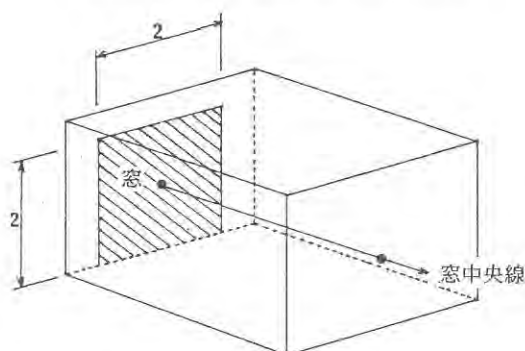


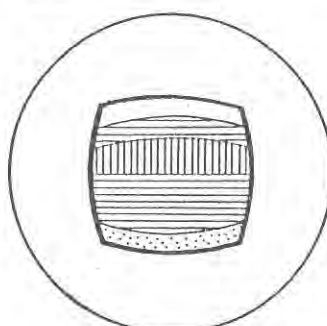
図10 片側採光室

れる。また、低建ぺい率地域の東、西の室奥2 m付近の鉛直面直接昼光率が、南より高くなっているのも、東、西の窓を通して見える外部環境に、南では反射率の低い樹木の占める割合が高いことに対して、東、西では反射率の高い建築物の占める割合が高いことの相互の理由によると考えられる。

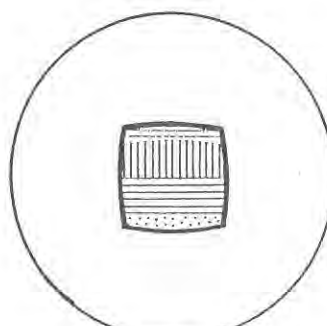
以上の外部環境モデル図から推定した直接昼光率は、各々の住戸の実測写真から算定した直接昼光率と高い相関が認められる。モデル図による推定値と、実測写真による算定値の相関を図-13に示す。以上より、本研究の当該測定地域に於ては、本外部環境モデル図が標準的な住宅外部環境と建ぺい率との関係を示していると考えられる。

故に、本研究におけるモデル化の方法は、都市住宅における標準的な昼光環境を予測するうえで、その妥当性

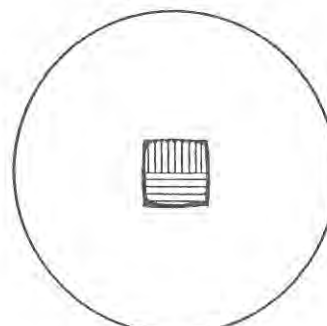
- 天空
- 土・芝生
- ▨ 建築物 (庇)
- ▩ アスファルト等 水平面
- ▧ 樹木



1 m 室奥



2 m 室奥



3 m 室奥

建ぺい率 30% S

図11 室内から窓を通して見える外部環境モデル図

が認められたと考えられる。

窓から直接室内に入射する直接光については、光環境上、通常、窓にカーテン、ブラインド等の遮蔽装置を設けて直接の入射を防止するのが原則であるが、窓面を光源と考える光拡散性ブラインドを装備する方法³⁾によると、図-9に示した窓面全昼光率より求められる窓面全

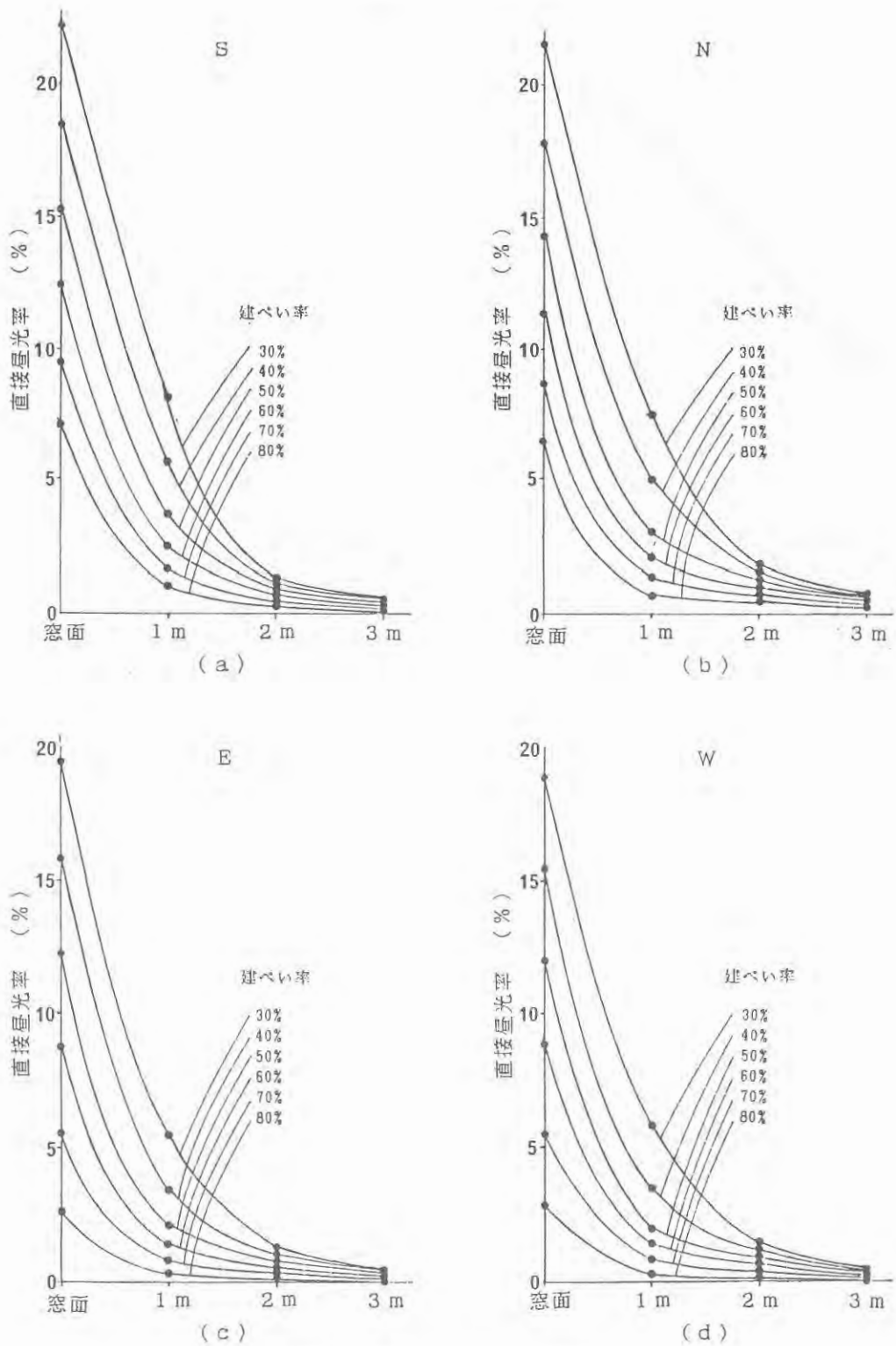


図12 室内直接昼光率推定値（鉛直面）

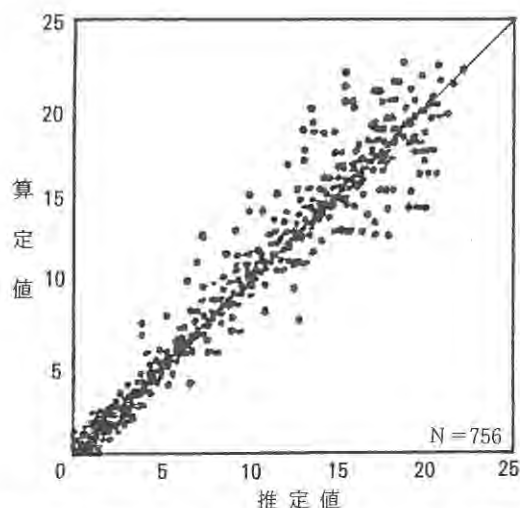


図13 外部環境モデル図による昼光率推定値と実測写真に基づく昼光率算定値との相関

昼光照度と直接光照度を重ね合わせたものに、ブラインドの透過率を乗じるだけで、窓面光源の輝度が求められる。このように外部環境をモデル化することによって、直接光の影響をも考慮した室内昼光環境の予測を行うことができると考えられる。

おわりに

住宅室内の昼光環境は、外部環境の在り方に多大な影響をうけることは明らかで、より質の高い昼光照明設計を行うには、設計時に将来の外部環境の状態を、ある程度予測できる必要がある。

本研究では、大阪府を対象地域とし、測定住戸を無作為に抽出して、現状の外部環境の実測調査を行い、住宅

外部環境の立体角投射率を求めて、都市における住宅の標準的な外部環境モデル図を作成した。さらに、同モデル図をもとに、モデル化した単純形態の住宅室内の昼光率分布の試算を行ってその妥当性を検討した。同時にこれは、都市における住宅の昼光率推定値として、昼光照明設計時に、良好な住宅昼光環境の創造に役立てることができると考えられる。

本研究では、昼光照明設計の物理的側面に注目したが、今後はさらに、設計上のもう一つの重要な課題である、居住者の心理評価と外部環境との関係を明らかにして、一貫した昼光照明設計データを作成する予定である。

謝 意

本研究は、研究費の一部として、建材試験センターの住宅性能標準化のための調査研究の助成金を使用した。ここに感謝致します。

本研究の実測調査にあたり、ご協力いただいた調査住戸の皆様に謝意を表します。

引 用 文 献

- 1) 大野・佐藤・植崎：地物反射光の設計用資料に関する検討，日本建築学会近畿支部研究報告集 P16 昭和58年6月
- 2) 大野・伊藤・佐藤：地物反射光の実態とその昼光照明設計用資料の検討，日本建築学会近畿支部研究報告集 P27 昭和57年6月
- 3) 中根・土井・横田：光拡散性固定型ブラインドの開発及びそれによる昼光照明設計法，日本建築学会建築環境工学論文集第5号 P89 昭和58年11月 (昭和61年11月11日受理)

Summary

The purpose of this paper is to predict and evaluate the influence of outdoor environment upon the daylight factor distribution in a room of outdoor environment change in future.

The authors proposed several outdoor models which could be used to predict the landscape of that environment for each 'kenpeiritsu' by the equi-distance projection method and could be applied to daylighting design.